

**NASKAH PUBLIKASI**  
**PRARANCANGAN PABRIK FORMALDEHIDA**  
**DARI METANOL DAN UDARA DENGAN PROSES SILVER**  
**KAPASITAS 28.000 TON PER TAHUN**



Disusun sebagai Salah Satu Syarat untuk Memeroleh

Gelar Kesarjanaan Strata 1 Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Surakarta

**Oleh :**

**Adhen Hatari Akhwan**

**D 500 100 043**

**Dosen Pembimbing :**

**1. Ir. Haryanto AR, M.S.**

**2. Ir. Herry Purnama, M.T., Ph.D.**

**JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

**2014**



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA

FAKULTAS TEKNIK

Jl. A. Yani Tromol Pos I Pabelan, Kartasura Telp. (0271) 717417 Fax. 715448  
Surakarta 57102

Website: <http://www.ums.ac.id>

Email: [ums@ums.ac.id](mailto:ums@ums.ac.id)

---

**Surat Persetujuan Artikel Publikasi Ilmiah**

Yang bertanda tangan di bawah ini pembimbing skripsi/ tugas akhir :

Pembimbing I : Ir. H. Haryanto AR., M.S.

NIP : 196307051990031002

Pembimbing II : Ir. Herry Purnama, M.T., Ph.D.

NIK : 664

Telah membaca dan mencermati naskah artikel publikasi ilmiah, yang merupakan ringkasan skripsi/ tugas akhir dari mahasiswa :

Nama : **Adhen Hatari Akhwan**

NIM : **D 500 100 043**

Program Studi : **TEKNIK KIMIA**

Judul Skripsi **PRARANCANGAN PABRIK FORMALDEHIDA  
DARI METANOL DAN UDARA DENGAN PROSES  
SILVER KAPASITAS 28.000 TON PER TAHUN**

Naskah artikel tersebut, layak dan dapat disetujui untuk dipublikasikan.

Demikian persetujuan ini dibuat, semoga dapat dipergunakan seperlunya.

Surakarta, 10 Desember 2014

Pembimbing I

Pembimbing II

Ir. H. Haryanto AR., M.S.  
NIP. 196307051990031002

Ir. Herry Purnama, M.T., Ph.D.  
NIK.664

**SURAT PERNYATAAN  
PUBLIKASI KARYA ILMIAH**

Bismillahirrahmanirohim

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : **Adhen Hatari Akhwan**

NIM : **D 500 100 043**

Program Studi : **TEKNIK KIMIA**

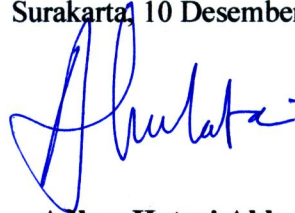
Judul Skripsi **PRARANCANGAN PABRIK FORMALDEHIDA  
DARI METANOL DAN UDARA DENGAN PROSES  
SILVER KAPASITAS 28.000 TON PER TAHUN**

Dengan ini menyatakan bahwa saya menyetujui untuk :

1. Memberikan hak bebas royalti kepada Perpustakaan UMS atas penulisan karya ilmiah saya, demi pengembangan ilmu pengetahuan
2. Memberikan hak menyimpan, mengalih median/mengalih formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), mendistribusikannya, serta menampilkannya dalam bentuk softcopy untuk kepentingan akademis kepada Perpustakaan UMS, tanpa meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta.
3. Bersedia dan menjamin untuk menanggung secara pribadi tanpa melibatkan pihak Perpustakaan UMS, dari semua bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran hak cipta dalam karya ilmiah ini.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan semoga dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Surakarta, 10 Desember 2014



**Adhen Hatari Akhwan  
D 500 100 043**

## INTISARI

Perancangan pabrik formaldehida dari metanol dan udara dengan Proses *Silver* kapasitas 28.000 ton per tahun direncanakan didirikan di Kawasan Industri Bontang, Kalimantan Timur. Lokasi pabrik yang berdekatan dengan PT Kaltim Methanol Industri sebagai produsen metanol berkapasitas 660.000 ton per tahun diharapkan mampu menunjang keberlangsungan proses produksi formaldehida. Pabrik beroperasi secara kontinu selama 330 hari per tahun dengan jumlah karyawan sebanyak 110 orang. Proses pembuatan formaldehida dari metanol dan udara terbagi menjadi tiga tahap. Tahap penguapan dan pemanasan bahan baku, reaksi, dan pelarutan. Pembentukan formaldehida terjadi pada fase gas dengan bantuan katalis *silver* di dalam reaktor *Fixed Bed Multitube*. Kondisi operasi di dalam reaktor memiliki tekanan 1,01 atm dan suhu 750 °C. Reaksi yang terjadi berupa reaksi eksotermis, *non-Isothermal* dan *non-Adiabatic*, dengan *Molten Salt* sebagai pendingin reaktor. Formaldehida yang terbentuk kemudian didinginkan hingga *Dew Point* sebagai kondisi pelarutan di dalam *Absorber*. Analisa ekonomi pabrik dengan *Fixed Capital Investment* (FCI) sebesar Rp. 117.797.719.315 serta *Working Capital* (WC) sebesar Rp. 34.064.205.007 memiliki keuntungan sebelum pajak sebesar Rp. 26.305.110.482 per tahun. Keuntungan sesudah pajak mencapai Rp. 19.728.832.861 per tahun. *Return on Investment* (ROI) pabrik sebelum pajak 22,33% dan 16,75% sesudah pajak. *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak selama 3,09 tahun dan 3,74 tahun setelah pajak. *Break Even Point* (BEP) pabrik sebesar 49,91% dan *Shut Down Point* (SDP) sebesar 24,55%. *Discounted Cash Flow* (DCF) pabrik sebesar 29,01%. Total air yang dibutuhkan pabrik sebanyak 12.676,74 kg/jam serta *steam* yang digunakan sebesar 1.486,26 kg/jam. Berdasarkan data analisa kelayakan ekonomi tersebut, dapat disimpulkan pabrik memenuhi kriteria kelayakan ekonomi dan layak untuk didirikan.

Kata kunci : Formaldehida, Proses *Silver*, *Fixed Bed Multitube*

## A. PENDAHULUAN

### 1. Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara berkembang yang terus melakukan banyak pengembangan di berbagai sektor. Sektor industri kimia dipilih sebagai jalur alternatif guna meningkatkan pertumbuhan ekonomi Indonesia. Industri kimia mengalami pertumbuhan pesat seiring kebutuhan manusia yang terus meningkat tiap waktu.

Sudah menjadi rahasia umum Indonesia mengalami ketergantungan impor dari luar negeri, baik impor di sektor pangan, energi, hingga bahan *intermediate* yang akan diolah kembali. Kegiatan impor yang berlebih seperti ini tidak baik jika dilakukan terus menerus. Hal ini mengakibatkan devisa negara berkurang, menurunnya pertumbuhan ekonomi Indonesia, dan dampak negatif lainnya. Oleh karena itu, diperlukan langkah strategis untuk mengurangi kegiatan impor tersebut yaitu dengan mendirikan suatu pabrik kimia untuk memenuhi kebutuhan pasar yang ada. Bersama dengan itu pula terciptalah lapangan pekerjaan baru, ekonomi Indonesia bertumbuh lebih

baik lagi, serta memberi ruang para ahli teknologi industri kimia dan tenaga terdidik lainnya untuk berkarya.

Senyawa kimia yang berasal dari gugus aldehida paling sederhana, formaldehida, merupakan senyawa kimia yang memiliki nilai ekonomi tinggi. Formaldehida banyak digunakan sebagai bahan *intermediate* pembuatan pupuk urea formaldehida, *disinfectant*, industri *furniture*, serta industri kimia lainnya.

Bahan baku utama pembuatan formaldehida adalah metanol. Produsen metanol terbesar di Indonesia adalah PT Kaltim Methanol Industri dengan kapasitas produksi 660.000 ton per tahun. Ketersediaan bahan baku yang *ready stock* memberikan peluang berdirinya pabrik formaldehida di Indonesia.

### 2. Kapasitas Produksi

Penentuan kapasitas produksi memiliki pengaruh terhadap analisa kelayakan ekonomi yang terdiri dari pemilihan alat, penentuan proses, hingga jumlah dan gaji karyawan. Pabrik formaldehida direncanakan

memiliki kapasitas produksi sebesar 28.000 ton per tahun dengan Proses *Silver* atas dasar :

1. Aktivitas impor Indonesia akan formaldehida mengalami fluktuasi yang signifikan tiap tahunnya. Hingga saat ini Indonesia masih melakukan kegiatan impor formaldehida di kisaran 3-400 ton per tahun. Hal ini merupakan peluang terbesar berdirinya pabrik formaldehida di Indonesia dengan kapasitas produksi pabrik mengacu pada kapasitas pabrik formaldehida yang telah berdiri sebelumnya. Berikut data kegiatan impor formaldehida serta pabrik formaldehida yang telah berdiri di Indonesia pada Tabel 1 dan 2.

Tabel 1. Data Impor Formaldehida

Tahun	Kapasitas (ton/tahun)
1999	5.001,96
2000	10.007,60
2001	10.068,30
2002	6.399,17
2003	3.132,09
2004	4.175,26
2005	3.571,61
2006	19,075
2007	3,444
2008	318,051
2009	78,051

Tahun	Kapasitas (ton/tahun)
2010	445,077
2011	229,231
2012	83,26

Tabel 2. Daftar Pabrik Formaldehida di Indonesia

No	Nama produsen	Kapasitas (ton/tahun)
1	PT. Arjuna Utama Kimia	24,54
2	PT. Batu Penggal Chemical Industry	28
3	PT. Duta Pertiwi Nusantara	50
4	PT. Benua Multi Lestari	68
5	PT. Dyno Mugi Indonesia	28
6	PT. Gelora Citra Kimia Abadi	48
7	PT. Korindo Abadi	15
8	PT. Cakram Utama Jaya	10,492
9	PT. Dover Chemical	50
10	PT. Intan Wijaya Chemical Industry	61,5
11	PT. Kayu Lapis Indonesia	40
12	PT. Korindo Ariatima sari	15
13	PT. Kurnia Kapuas Utama Glues Industries	38
14	PT. Lakosta Indah	30
15	PT. Nusa Prima Pratama	28
16	PT. Polmolite Adhesive Industry	36
17	PT. Sabak Indah	45
18	PT. Superin	28
19	PT. Susel Prima Permai	38
20	PT. Uforin Projen Adhesive	30
21	PT. Wiranusa Trisatrya	90
Total Kapasitas ( ton / tahun )		801,532

2. Produsen metanol terbesar di Indonesia, PT Kaltim Methanol Industri serta Perusahaan Nasional

Pertamina yang berada di Kawasan Industri Kalimantan Timur diharapkan mampu menunjang keberlangsungan proses produksi formaldehida.

## B. DESKRIPSI PROSES

### 1. Tahap-tahap Proses

#### a. Persiapan bahan baku

Bahan baku metanol dari tangki penyimpanan (F-110) bersuhu  $30^{\circ}\text{C}$ , tekanan 1 atm dialirkan dengan kenaikan tekanan 1,01 atm menuju *Heat Exchanger* (E-111) untuk dididihkan pada suhu  $66^{\circ}\text{C}$ , sebelum diuapkan dalam *Vaporizer* (V-112) hingga  $70^{\circ}\text{C}$ , menggunakan pompa (L-116A). Uap metanol dipisahkan menggunakan *Separator* (H-113) untuk kemudian dicampurkan dengan udara yang dialirkan melalui *Blower* (G-115) bersuhu  $35^{\circ}\text{C}$  dan tekanan yang naik menjadi 1,01 atm di dalam *Mixing Valve*.

Campuran uap metanol dan udara bersuhu  $47^{\circ}\text{C}$  dinaikkan suhunya menggunakan *Heat Exchanger* (E-114) menjadi  $112^{\circ}\text{C}$ . Campuran uap tersebut kemudian

dinaikkan kembali suhunya menggunakan *Furnace* (Q-210) sesuai kondisi reaksi dalam reaktor sebesar  $750^{\circ}\text{C}$ .

#### b. Proses Reaksi

Reaksi yang terjadi merupakan reaksi oksidasi metanol menjadi formaldehida dengan komposisi mol metanol mula-mula 1:0.4 terhadap udara. Reaksi bersifat eksotermis, *non-Isothermal* dan *non-Adiabatic*, berlangsung dalam fase gas dengan *Molten Salt* sebagai pendingin reaktor. Reaktor yang digunakan adalah reaktor tipe *Fixed Bed Multitube* (R) dengan jumlah *tube* sebanyak 3.340 buah yang berisi katalis *silver*. Campuran uap metanol dan udara di *inject* kedalam reaktor pada bagian atas sehingga reaksi yang terjadi di dalam *tube* berisi katalis merata dari atas kebawah. Formaldehida yang terbentuk keluar pada suhu  $331,2^{\circ}\text{C}$  dari reaktor untuk kemudian dimanfaatkan kalornya dalam pembuatan *steam-2,6* menggunakan *Waste Heat Boiler* (E-211).

c. Pelarutan produk

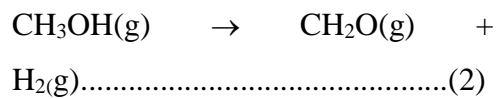
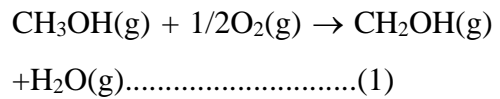
Suhu formaldehida keluar E-211 sebesar 120<sup>0</sup>C didinginkan kembali hingga *Dew Point* 56<sup>0</sup>C sebelum dilarutkan dalam *Absorber* (D-310) pada tekanan 1 atm, *Adsorbent* air, menggunakan *Cooler* (E-212A).

Formaldehida dengan kadar 37% w/w keluar dari D-310 sebagai hasil bawah bersuhu 42,7<sup>0</sup>C, tekanan 1 atm yang kemudian dipompa (L-311A) menuju tangki penyimpanan formaldehida (F-410) sebelum dipasarkan. Hasil keluaran D-310 bagian atas berupa gas tak terlarut dalam air. Gas tersebut diantaranya O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, serta CH<sub>2</sub>O, CH<sub>3</sub>OH, H<sub>2</sub>O yang menguap pada suhu 43<sup>0</sup>C.

## 2. Konsep Reaksi

Konsep dasar reaksi yang terjadi pada pembuatan formaldehida merupakan reaksi oksidasi metanol dan udara. Guna mempercepat terbentuknya formaldehida maka dibutuhkan bantuan katalis yang berfungsi untuk menurunkan energi aktivasi sehingga proses reaksi dapat berlangsung cepat. Katalis yang digunakan dalam proses

ini adalah *silver*. Berikut adalah reaksi oksidasi metanol :



Dalam proses ini reaksi terjadi pada fase gas dengan kondisi operasi suhu 750<sup>0</sup>C dan tekanan 1,01 atm. Perbandingan mol mula-mula metanol terhadap udara sebesar 1:0,4.

## 3. Tinjauan Termodinamika

Reaksi yang terjadi pada pembentukan formaldehida berifat eksotermis. Reaksi eksotermis adalah reaksi yang melepaskan sejumlah panas ke lingkungan dari sistem yang ditinjau, dalam hal ini sistem berupa *tube* yang berisi katalis *silver*. Untuk mengetahui secara pasti reaksi ini merupakan reaksi eksotermis berikut data panas pembentukan standard pada Tabel 3 untuk tiap komponen yang bereaksi :

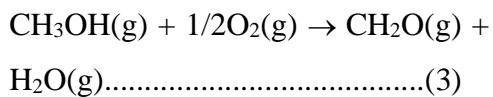
Tabel 3. Data Panas Pembentukan Standard

Komponen	$\Delta H_f^0$ (kJmol)
CH <sub>2</sub> O	-115,9
CH <sub>3</sub> OH	-201,17



Komponen	$\Delta H_f^0$ (kJ/mol)
H <sub>2</sub> O	-241,8
H <sub>2</sub>	0
O <sub>2</sub>	0

Reaksi 1 :



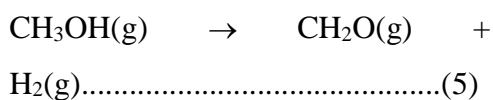
$$\Delta H_r^0 = \Delta H_f^0 \text{ produk} - \Delta H_f^0 \text{ reaktan} \dots\dots\dots(4)$$

$$\Delta H_r^0 = (\Delta H_f^0 \text{ CH}_2\text{O} + \Delta H_f^0 \text{ H}_2\text{O}) - (\Delta H_f^0 \text{ CH}_3\text{OH} + 1/2 \Delta H_f^0 \text{ O}_2)$$

$$\Delta H_r^0 = (-115,9 + (-241,8) - (-201,17 + 0))$$

$$\Delta H_r^0 = -156530 \text{ kJ/mol.}$$

Reaksi 2 :



$$\Delta H_r^0 = \Delta H_f^0 \text{ produk} - \Delta H_f^0 \text{ reaktan} \dots\dots\dots(6)$$

$$\Delta H_r^0 = (\Delta H_f^0 \text{ CH}_2\text{O} + \Delta H_f^0 \text{ H}_2) - (\Delta H_f^0 \text{ CH}_3\text{OH})$$

$$\Delta H_r^0 = (-115,9 + (0) - (-201,17))$$

$$\Delta H_r^0 = +85,27 \text{ kJ/mol.}$$

$$\Delta H_r^0 \text{ total} = \Delta H_r^0 \text{ reaksi 1} + \Delta H_r^0 \text{ reaksi 2}$$

$$= -156530 \text{ kJ/mol} + 85,27 \text{ kJ/mol}$$

$$= -71,26 \text{ kJ/mol}$$

Berdasarkan reaksi yang diuraikan tersebut diketahui reaksi 1 merupakan

reaksi eksotermis karena memiliki nilai entalpi reaksi standard negatif (-). Reaksi 2 merupakan reaksi endotermis karena nilai entalpi reaksi standard positif (+). Namun secara keseluruhan reaksi yang terjadi merupakan reaksi eksotermis karena jumlah entalpi reaksi standard 1 dan 2 menghasilkan nilai entalpi reaksi negatif (-).

## C. SPESIFIKASI ALAT PROSES

### 1. REAKTOR

Kode : R

Tipe : *Fixed Bed Multitube*

Jumlah : 1 buah

Fungsi : Media untuk reaksi pembentukan formaldehida dari metanol dan udara.

Suhu operasi : 750<sup>0</sup>C

Tekanan operasi : 1,01 atm

Katalisator : *Silver*

Pendingin : *Molten Salt*

Harga : Rp. 405.478.400

a. *Tube* :

Panjang : 2,85 m

Jumlah *tube* : 3340

Jumlah *pass* : 1 *pass*

Material : *Steel* SA-240  
*Grade C, type 347, (18 Cr-8Ni-Cb)*

b. *Shell* :

Tebal : 0,022 m

Jumlah *pass* : 1 *pass*

Material : *Steel* SA-240  
*Grade C, type 347, (18Cr-8Ni-Cb)*

c. *Head* :

Bentuk : *Torispherical dished head*

Tinggi : 0,624 m

Tebal : 0,041 m

Tinggi *Packing* : 5,385 m

Harga : Rp. 653.337.600

a. *Head* :

Bentuk: *Torispherical*

Tebal : 0,005 m

Tinggi : 0,269 m

Material : *Carbon Steel* SA-129  
*Grade C*

b. *Shell* :

Tebal : 0,005 m

Diameter : 1,372 m

Material : *Carbon Steel* SA-129  
*Grade C*

## D. UTILITAS

Utilitas merupakan unit pendukung suatu proses dalam pabrik. Tanpa adanya utilitas, dapat dikatakan pabrik tidak dapat beroperasi. Utilitas berperan sebagai penyuplai bahan bakar, air, *steam*, hingga kelistrikan. Kebutuhan air dalam perancangan pabrik formaldehida ini didapatkan dari air sungai yang berada di Kawasan Industri Bontang, Kalimantan Timur, lokasi perancangan pabrik. Rincian utilitas

## 2. ABSORBER

Kode : D-310

Tipe : *Packing*

Jumlah : 1 buah

Fungsi : Menjerap formaldehida dengan air sebagai media penjerap.

Suhu operasi : 56,51<sup>0</sup>C

Tekanan operasi : 1 atm

Bahan Isian : *Raschig Rings*

yang dibutuhkan untuk pabrik formaldehida sebagai berikut :

1. Unit penyediaan air.

Total air yang dibutuhkan baik untuk sanitasi hingga umpan *boiler* sebesar 12.676,74 kg/jam.

2. Unit penyediaan *steam*.

Kebutuhan *steam* disuplai oleh *boiler* sebesar 1.486,26 kg/jam.

3. Unit penyediaan listrik.

Listrik dirancang untuk keperluan proses pabrik sebesar 400 kW.

4. Unit penyediaan bahan bakar.

Bahan bakar yang dibutuhkan untuk menjalankan alat utilitas dan proses sebesar 0,353 m<sup>3</sup>/jam.

5. Unit penyediaan udara tekan.

Udara tekan berfungsi untuk menggerakkan kontrol pneumatis pada katup proses. Pada pabrik formaldehida dirancang kebutuhan udara tekan sebesar 50 m<sup>3</sup>/jam.

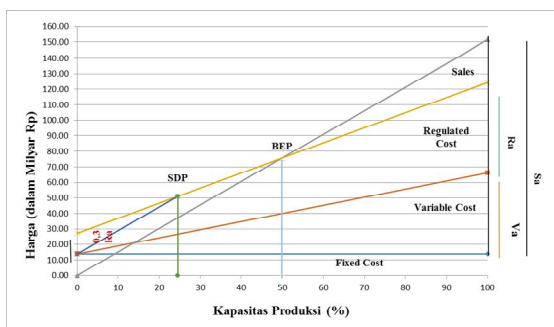
## E. ANALISIS EKONOMI

Perancangan pabrik formaldehida perlu dilakukan peninjauan terhadap besarnya biaya investasi terhadap laba

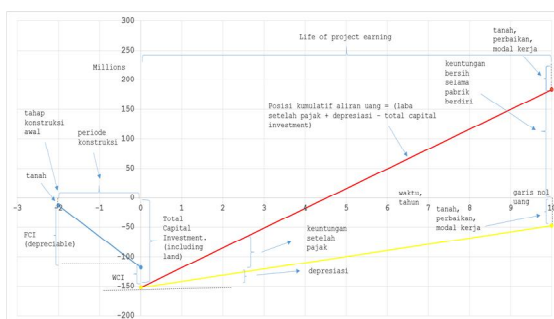
bersih selama perancangan umur pabrik. Hal ini dilakukan untuk mengetahui apakah pabrik yang dirancang dapat memberikan proyeksi keuntungan di masa yang akan datang selama umur pabrik. Pabrik formaldehida direncanakan didirikan di Kawasan Industri Bontang, Kalimantan Timur. Lokasi dipilih mengingat ditempat yang sama terdapat produsen bahan baku dari pabrik formaldehida yaitu metanol dari PT Kaltim Metanol Industri berkapasitas 660.000 to per tahun. Pabrik direncanakan beroperasi kontinu selama 330 hari per tahun dengan total karyawan sebanyak 110 orang dengan upah minimum regional sebesar Rp. 2.000.000.

Berdasarkan hasil analisis kelayakan ekonomi pabrik formaldehida dari metanol dan udara kapasitas 28.000 ton per tahun memiliki FCI sebesar Rp. 117.797.719.315 dan WC sebesar Rp. 34.064.205.007. Keuntungan yang dicapai sebelum pajak sebesar Rp. 26.305.110.482 dan setelah pemotongan pajak sebesar 25% sebesar Rp. 19.728.832.861. ROI pabrik sebesar 22,33% sebelum pajak dan 16,75% setelah pajak. Pabrik formaldehida ini juga memiliki POT

yang relatif cepat yaitu 3,09 tahun sebelum pajak dan 3,74 setelah pemotongan pajak. BEP pabrik ini sebesar 49,91% dan 24,55% untuk SDP. DCF pabrik formaldehida mencapai 29,01%. Dari hasil analisa ekonomi pabrik yang ditunjukkan, dapat ditarik kesimpulan bahwa pabrik formaldehida dari metanol dan udara kapasitas 28.000 ton per tahun layak untuk didirikan dan beresiko rendah.



Gambar 1. Grafik Kelayakan Ekonomi Pabrik Formaldehida dari Metanol dan Udara dengan Proses *Silver*.



Gambar 2. Kumulatif *Cash Flow* Pabrik terhadap Waktu

## DAFTAR PUSTAKA

Badan Pusat Statistik, 2013, Statistik Perdagangan Luar Negeri Indonesia, Ekspor-Impor, Jakarta. Diakses tanggal 20 Agustus 2013, pukul 13.00 WIB.

Widiyanti, Arin, 2006, *Formaldehyde and Adhesive Resin*, <http://news.detik.com/read/2006/01/03/160825/511554/10/>, diakses tanggal 20 Agustus 2013, pukul 13.10 WIB.

Kirk, R.E. and Othmer, V.R., 1998, *Encyclopedia of Chemical Technology*, Vol. 11, *Formaldehyde*, 4<sup>th</sup> Ed., John Wiley & Sons Inc., New York.

Peter, M.S., Timmerhaus, K.D. and West, R.E., 2003, *Plant Design and Economics for Cemical Engineers*, 5<sup>th</sup> Ed., Mc-Graw Hill, New York.